



*Institut de Recherches Agronomiques Tropicales  
et des cultures vivrières*

*Département du Centre de Coopération Internationale  
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*

**DÉVELOPPEMENT D'ENGRAIS  
À BASE DE PHOSPHATES NATURELS CHINOIS**

**MISSION D'INVENTAIRE EN CHINE  
DU 9 OCTOBRE AU 2 NOVEMBRE 1987**

*Binh TRUONG, Christian FAYARD*

*DRN /L. – E et A /87/N°4*

**DÉVELOPPEMENT D'ENGRAIS  
À BASE DE PHOSPHATES NATURELS CHINOIS**

**MISSION D'INVENTAIRE EN CHINE  
DU 9 OCTOBRE AU 2 NOVEMBRE 1987**

*Binh TRUONG, Christian FAYARD*

*DRN /L. – E et A /87/N°4*

## SOMMAIRE

	Pages
Avant propos	1
Itinéraire de la mission	2
I - IMPORTANTCE DES PHOSPHATES EN CHINE	3
II - PHOSPHATES DU YUNNAN	6
2.1. Kunyang	6
2.2. Haikou	6
2.3. Jinning	7
III - INDUSTRIE DES ENGRAIS PHOSPHATES DU YUNNAN	7
3.1. Kunyang Phosphate Fertilizer Factory	7
3.2. Yunnan Phosphate Fertilizer Factory	11
IV - CHINA FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER (CFDC)	13
V - DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE FOR CHEMICAL MINES	15
VI - INSTITUTE OF SOIL SCIENCE ACADEMIA SINICA (ISSAS)	21
VII - SHANDONG CHEMICAL FERTILIZER INDUSTRIAL COMPANY	22
VIII - CONTACTS A BEIJING	23
IX - INSTITUTE OF SOIL SCIENCE OF GUANGDONG PROVINCE	23
X - CONCLUSION	23
Annexes :	
- Personnes rencontrées	
- Bibliographie	
- Protocole d'accord avec Province de SHANDONG	

## AVANT PROPOS

Cette mission s'inscrit dans le cadre de l'accord de coopération conclu entre l'Institut de Sciences du sol Academia Sinica (ISSAS) de Nanjing et le CIRAD, suite aux discussions à Nanjing en septembre 1986, à Bangkok en février 1987 et à la réunion de la Commission Mixte Scientifique et Techniques franco-chinoise à Beijing du 16 au 21 février 1987.

Elle a pour objet de :

- faire l'inventaire des gisements de phosphates en Chine, choisir quelques échantillons représentatifs pour les ramener en France, en vue de caractérisation et de traitements industriels (attaques partielles),

- identifier des partenaires industriels chinois intéressés par notre projet,

- définir le programme de travail avec l'ISSAS.

Nous avons parcouru six provinces du Sud au Nord (voir l'itinéraire) visité des mines de phosphates, des usines d'engrais, des centres de recherches, partout nous avons été accueillis très chaleureusement et nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont bien voulu nous accorder leur temps, fournir des informations, organiser nos visites. Nous remercions en particulier le Professeur LU RU KUN, qui a tenu à nous accompagner dans la plupart de nos déplacements et joué un rôle essentiel pour nous introduire dans les différents organismes.



## ITINERAIRE DE LA MISSION

- 9 et 10 octobre 1987 - voyage de Paris à Kunming, via Hongkong
- 11 et 16 octobre - visite des mines de phosphates et des usines d'engrais
- 17 octobre - voyage Kunming à Guilin
- 19 octobre - voyage de Guilin à Shanghai  
visite de China Fertilizer Development Center (CFDC)
- 20 octobre - voyage de Shanghai à Lianyungang  
visite de Chemical Mines Design and Research Institute of China.
- 22 octobre - voyage de Lianyungang à Nanjing  
visite de Institute of Soil Science Academia Sinica.
- 24 octobre - voyage de Nanjing à Jinan  
visite de Foreign Economic Relations and Trade commission of Shandong Province, et des usines d'engrais.
- 28 octobre - voyage de Jinan à Beijing  
visite au Conseiller Scientifique de l'Ambassade de France et au Représentant de l'ONUDI.
- 30 octobre - voyage de Beijing à Guangzhou  
visite de Institute of Soil Science of Guangdong Province.
- 1 et 2 novembre - voyage de Guangzhou à Paris, via Hongkong.

## I - IMPORTANCE DES PHOSPHATES EN CHINE :

La Chine consomme en 1985 3,1 millions de tonnes de P2O5 (tableau 1), en produit 1,7 Mt, donc en importe 1,4 Mt, ce qui représente environ 4,6 Mt de phosphate naturel.

Actuellement un gros effort est entrepris pour mieux valoriser ses propres ressources qui sont considérables, 4e du monde au moins de vue réserve exploitable, après le Maroc, l'URSS et les USA, réparties en une quarantaine de gisements peu ou pas exploités.

L'industrie des engrais phosphatés est caractérisée par:

- une multitude de petites unités, 500 usines de 10 à 100 000 t/an,

- une forte proportion de produits à faible teneur en P2O5

60 %	sous forme de supersimple (SSP)	18-20 % de P2O5
30 %	"	de phosphate fondu (FD) 21-22 % de P2O5
10 %	"	de supertriple (TSP) et autres formes à haut titre 45-46 % de P2O5.

La Chine a tenté d'utiliser directement le phosphate brut broyé, à grande échelle jusqu'à 1 Mt/an, dans les années 70, mais les résultats sont décevants à cause de la faible réactivité des phosphates, et cette pratique est à présent arrêtée.

La politique actuelle du gouvernement vise la production des engrais à haut titre, comme en témoignent les projets suivants en cours de réalisation.

- GIN HUANG DAO, province de HEBEI, production de 480.000 t/an de phosphate diammonique (DAP) et 600.000 t/an de complexe NPK,

- WIEZIZHEN, au SHANXI, 1 Mt/an de nitrophosphate, WIEZIZHEN

- TONGLING, au GUANGXI, 61.000 t de P2O5, acide phosphorique,

- DALIANG, au LIAONING, 260.000 t de DAP,

- NANJING, au JIANGSU, 260.000 t de DAP.

La fabrication de ces engrais exige des minerais riches, peu chargés en fer, silice et magnésium.

Or la plupart des phosphates chinois sont de qualité moyenne ou médiocre et il est nécessaire de les traiter au préalable pour les purifier et les enrichir.

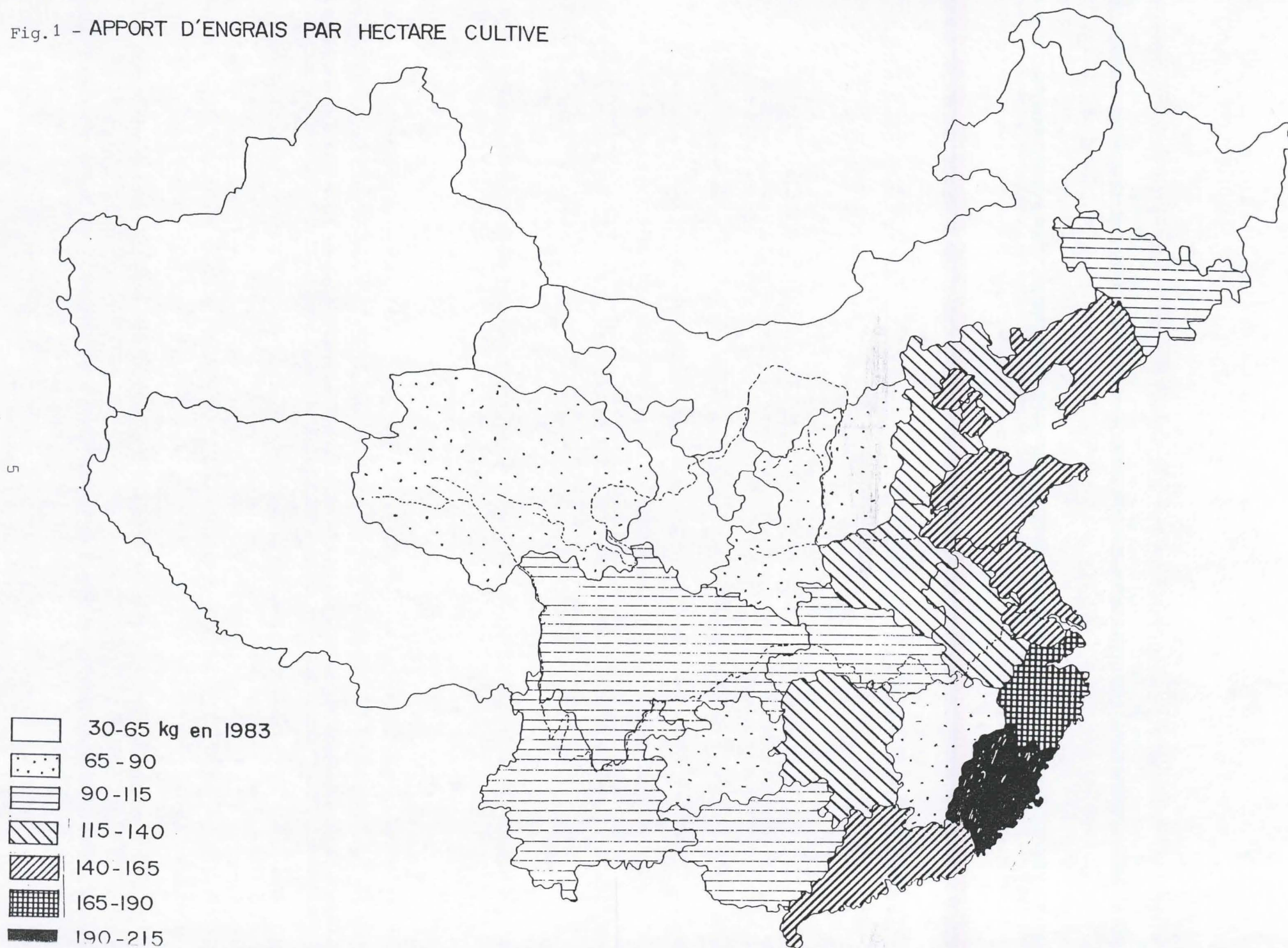
Nous pensons qu'il y a possibilité de réserver les gisements riches pour la fabrication des engrais en haut titre et

Tableau 1 - PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ENGRAIS EN CHINE  
EN MILLIERS DE TONNES D'UNITES FERTILISANTES

Année	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
Production				
1980	9 995	2 307	20	12 320
81	9 856	2 494	25	12 376
82	10 226	2 510	24	12 760
83	11 094	2 666	29	13 789
84	12 260	2 520	40	14 820
85	11 430	1 759	30	13 220
Consommation				
1980	10 182	2 383	128	12 693
81	10 362	2 735	250	13 347
82	11 429	3 090	355	14 874
83	12 200	3 780	610	16 590
84	13 038	4 042	650	17 730
85	12 049	3 109	804	15 962



Fig.1 - APPORT D'ENGRAIS PAR HECTARE CULTIVE





d'attaquer directement les autres minerais pour produire des phosphates partiellement solubilisés à titre intermédiaire (25-30 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) plus économiques.

## II - PHOSPHATES DU YUNNAN :

Ils sont de type sédimentaire très ancien, du Cambrien (530 - 570 millions d'années), plus ou moins remaniés.

Les réserves exploitables sont estimés à 800 millions de tonnes, et représentent 21 % des réserves nationales, 80 % sont exploitables à ciel ouvert.

La production actuelle est de l'ordre de 2,3 Mt/an et représente 25 % de la production nationale, elle doit atteindre 3,2 Mt en 1990.

Nous avons visité les 3 principaux gisements : KUNYANG, HAIKOU, JINNING et 2 usines d'engrais (tableau 2 et figure 2).

### 2.1. KUNYANG :

C'est la plus grande mine de phosphate exploitée en Chine, se trouvant à 60 km au Sud Ouest du KUNMING, d'une superficie de 5,8 km x 1,5 km, comportant une couche supérieure de 5 m d'épaisseur et une couche inférieure de 2 m, séparées par une couche stérile de 2 m avec une pente de 15° s'orientant vers l'Ouest.

Les réserves sont estimées à 70 Mt pour une teneur moyenne de 27 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et à 16 Mt pour une teneur de 30-31 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

La production actuelle est de 1,6 Mt/an, elle consiste en un décapage de la couverture, extraction de gros morceaux par scraper, concassage à 20 cm, et expédition 60 % sont utilisés localement au YUNNAN. Il n'y a pas de lavage ni d'enrichissement.

### 2.2. HAIKOU :

Il se trouve à l'Ouest de KUNYANG, sur 5 km<sup>2</sup>, comportant 2 couches aussi, une supérieure à 7-8 m d'épaisseur et une inférieure de 4-5 m, séparées par une couche de dolomie de 10 m, la pente est faible : 5 %,

Les réserves totales sont estimées à 150 Mt, on distingue la partie jaune exploitée actuellement, réserve 50 Mt avec une teneur moyenne de 24 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, et une partie rouge non exploitée, réserve 70 Mt à 23 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 4,8 % de MgO.

La production actuelle est de 300.000 t/an.

Ce minerai a fait l'objet de test de broyage et de lavage pour augmenter les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mais l'opération n'est

pas rentable.

### 2.3. JINNING :

Il se trouve au Sud de KUNYANG, légèrement incliné vers le Sud. Le gisement est épais 20 m, sans couverture stérile, comportant une multitude de petites couches friables, les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et CaO diminuent de haut en bas et inversement les teneurs en SiO<sub>2</sub> augmentent.

Les réserves sont de 30 Mt pour une teneur moyenne de 31 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (partie supérieure) et 90 Mt à 21 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (partie inférieure).

La production actuelle est de 300.000 t/an.

### Remarques :

Les 3 gisements visités font partie d'un même type de formation : phosphates sédimentaires anciens compactés, teneur moyenne en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, peu réactifs.

Pour notre projet le choix pourrait porter sur :

- le KUNYANG pour sa représentativité de l'ensemble des phosphates chinois, il est connu et utilisé depuis longtemps, c'est un phosphate moyen dans tous les sens du terme.

- le JINNING inférieur pour sa faible teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et forte teneur en silice et ferral, c'est un phosphate particulièrement difficile, inutilisable dans l'état actuel de la technologie chinoise. Si nous trouvons une solution pour son utilisation, elle aura un impact considérable.

## III - INDUSTRIE DES ENGRAIS PHOSPHATES DU YUNNAN :

### 3.1. KUNYANG PHOSPHATE FERTILIZER FACTORY :

Ce complexe industriel déjà ancien, construit en 1954, pour utiliser les phosphates de la mine de KUNYANG, début de production en 1957, est assez représentatif de l'état actuel de la fabrication des engrais en Chine : petites unités, technologie simple adaptée aux sources d'énergie et de matières premières locales.

Il emploie 2 500 personnes et produit toute une gamme d'engrais allant du phosphate brut broyé au phosphate fondu, superphosphate simple, "phosphate jaune" (phosphore élémentaire).

### Production :

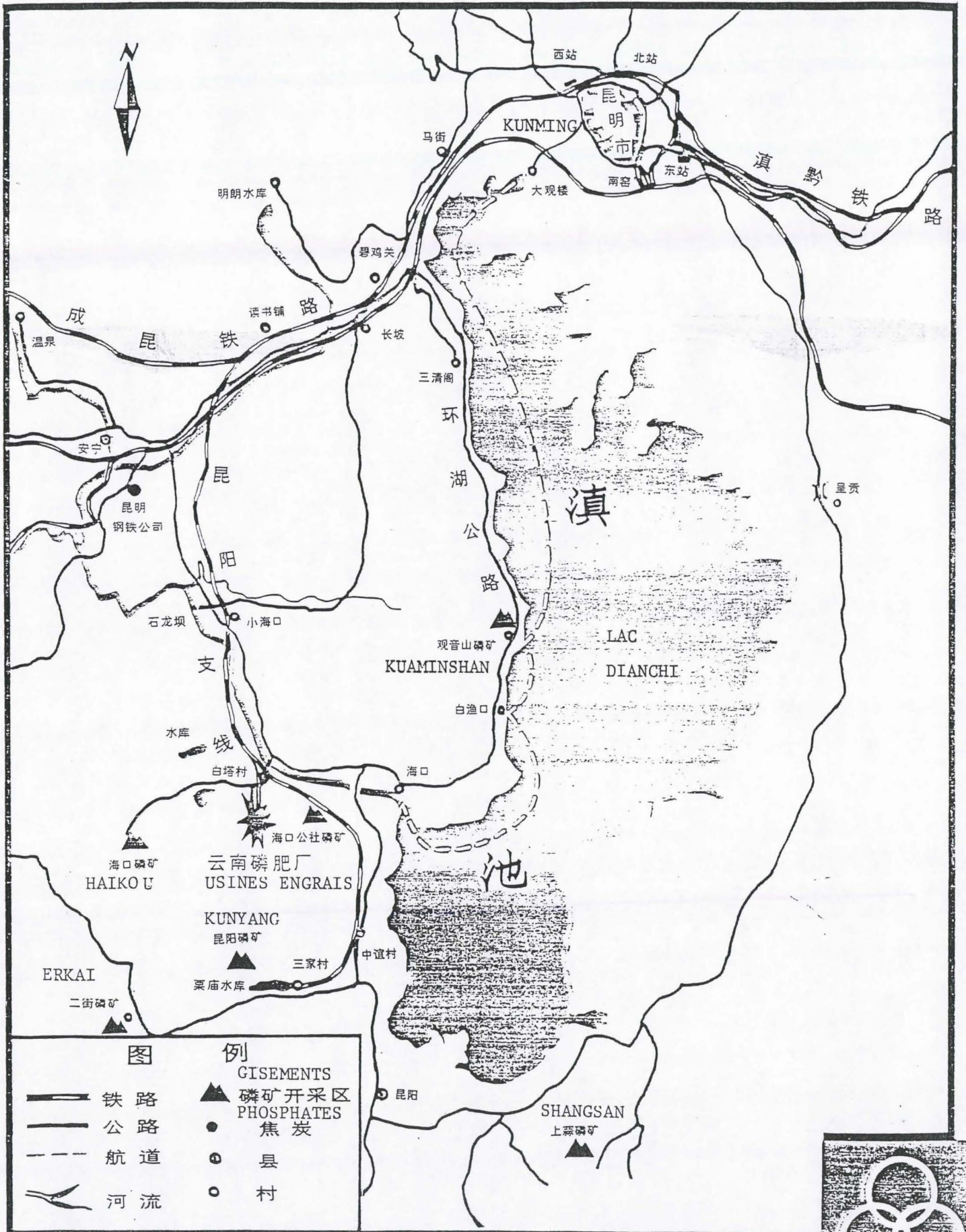
- acide sulfurique : 40 000 t/an de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (acide pur) à partir des pyrites du YUNNAN dans le passé, à présent avec celles



Tableau 2. CARACTERISTIQUES DES PHOSPHATES DU YUNNAN

Eléments totaux	KUNYANG	HAIKOU	JINNING SUPERIEUR	JINNING INFERIEUR	JINNING RICHE	SHANGSAN
$P_2O_5$	27,6	24	31,5	21,4	32 à 35	35 à 36
CaO	42,6	37	44,9	30	44 - 45	45 - 50
MgO	2,1-2,2	2,5	0,6	1,5	0,07-0,35	0,12-1,2
$K_2O$					1,2-1,3	0,15-0,26
$Na_2O$					0,15-0,23	0,25-0,35
$Al_2O_3$	2,5	3,8	3,3	3,8	1,2-1,3	1,3-1,6
$Fe_2O_3$					1 -1,2	0,5-1,1
$SiO_2$	13 - 15	22	12,5	35	11 - 13	6 - 7
$CO_2$	6,2	6,1	3	4,3	0,75-1,5	1
F	2,5	2,5	3,1	2,4	3	3,5

Fig. 2 - PHOSPHATES DU YUNNAN





de YUNFU, province de GUANG DONG, de meilleure qualité.

- phosphate brut, provenant de la mine de KUNYANG, mais de la partie riche du gisement à 32 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sans lavage ni enrichissement, la réserve de cette partie est estimée à 15 millions de tonnes.

Ce phosphate arrive à l'usine sous forme de blocs de 30 cm, prébroyage pour ramener à 25 mm puis broyage fin 90 % passant à travers tamis de 150 microns.

Capacité de broyage 11 t/h.

Consommation d'électricité 40 kw/t.

- phosphate fondu : 25.000 t/an, par 2 techniques de fusion, four électrique ou combustion de coke ; mélange de phosphate naturel + carbonate de calcium, dolomie, serpentine...

Le charbon vient du Yunnan, 50 Y/t, équivalent à 6 000 thermies, consommation 200 kg de coke par tonne de phosphate fondu.

Le prix de l'électricité est de 0,1 Y/KW.

Cet engrais est vendu sous forme de poudre ou microgranulés à 21-23 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, 18-20 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> "efficace" (soluble dans l'acide citrique à 2 %), très peu de solubilité dans l'eau, 50 % de CaO et 12 % de MgO.

Cet engrais est excellent (souvent plus efficace que le supersimple ou le supertriple) dans les sols rouges acides du YUNNAN.

- Superphosphate simple (SSP) : 100.000 t/an, par attaque dans des caves classiques :

40 kg de MHS + 65 kg de phosphate brut = 100 kg de SSP

Problème de prise en masse pendant le mûrissement d'où nécessité d'un 2<sup>e</sup> broyage.

Le produit est de bonne qualité 20 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, 18 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> "efficace", 16 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble dans l'eau.

- "Phosphate jaune" : 10.000 t/an à 62 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ce produit noble est destiné à l'exportation, il y a un souci constant de ramener des devises pour financer les achats d'équipements à l'étranger.

#### Remarques :

- L'utilisation dans l'immédiat de la partie riche du gisement de KUNYANG présente des avantages certains, meilleurs rendements, meilleures qualités des engrais, mais par la suite il faudra bien utiliser la partie pauvre en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et plus chargée en

féral. Les responsables sont conscients de ce problème et se montrent sensibles à notre approche d'attaque partielle qui permettrait d'utiliser ce type de minerai moins riche.

- La fabrication du phosphate fondu consomme beaucoup d'énergie, c'est pour cette raison qu'elle est peu utilisée en France et en Europe, mais pour la Chine où l'économie est encore très planifiée, cette filière peut encore rendre de grands services, en particulier pour les phosphates très durs.

- La fabrication du supersimple peut être améliorée en réglant mieux l'arrivée des composants (acide et phosphate) et en évitant la prise en masse après l'attaque. Ces problèmes techniques feront l'objet des discussions séparées.

#### Propositions :

1 - Amélioration de la cave du superphosphate simple : augmentation de la production, adaptation aux partiellement solubilisés,

2 - Compactage ou granulation du phosphate fondu

3 - Elargir la gamme des produits PK - NPK.

#### 3.2. YUNNAN PHOSPHATE FERTILIZER FACTORY :

Actuellement c'est la seule usine en Chine qui fabrique du supertriple (TSP), mise en service en 1982, avec un procédé et des équipements japonais et une participation de la province du XINJIANG au financement, ce qui explique la livraison annuelle d'un quota d'engrais dans cette région lointaine du Nord-Ouest.

La production est de 320 t/jour et 100.000 t/an de TSP à 46 % de P2O5 total et 41 % de soluble dans l'eau.

#### Chaîne de fabrication :

L'acide sulfurique est obtenu de 2 manières :

- par combustion des pyrites de YUNFU, province de GUANGDONG, production 60.000 t/an,

- par recyclage du gypse, production 70.000 t/an.

L'acide phosphorique est obtenu par réaction de 2,67 t d'acide sulfurique pur (MHS) + 3,3 t de phosphate naturel de JINNING = 1 t de P2O5.

La production est de 110 t/jour et 36.200 t/an de P2O5. L'usine dispose d'un réacteur de 400 m<sup>3</sup> et 2 chaînes de filtration de 50 m<sup>2</sup> chaque. L'acide est concentré de 26 à 50 % de P2O5.

Le supertriple est obtenu par réaction de 350 kg de



P205 (acide phosphorique) + 400 kg de phosphate naturel de SHANGSAN : 1 t de TSP.

Broyage : l'usine est équipée de 2 broyeurs sécheurs de 16-18 t/h.

Finesse de phosphate pour fabrication d'acide phosphorique, 80 % passant à travers un tamis de 160 microns (100 mesh).

Finesse pour le TSP, 90 % en dessous de 80 microns (200 mesh),

Granulation : capacité 600 t/jour, rendement 80 %,

Ensachage : 2 chaînes de 50 t/ha, chacune.

#### Prix de revient :

Pyrite de YUNFU : 55 Y/t (1 Y = 1,7 FF)

Phosphate naturel : 18-19 Y/t

Acide sulfurique : 170 Y/t de MHS

Acide phosphorique : 700 Y/t de P205

Supertriple : 346 Y/t soit 750 Y/t de P205.

Consommation de 1,8 à 2 t de vapeur/t d'acide phosphorique pour concentrer de 26 à 50 % de P205.

#### Objectifs à court terme fixé par la Direction :

- améliorer la technique de fabrication d'acide sulfurique à partir du gypse,

- augmenter le rendement d'acide phosphorique,

- augmenter la production d'engrais de 50 %,

- fabriquer des produits intermédiaires moins concentrés que le TSP, de l'ordre de 28 à 30 % de P205.

#### Propositions :

1/ Augmenter la capacité de l'atelier d'acide phosphorique existant, la taille du réacteur et la surface des filtres le permettent.

2/ Mise au point d'un phosphate partiellement attaqué à partir du phosphate riche actuellement utilisé et adaptation de l'atelier de superphosphate pour la fabrication de ce produit, solution rapide et à peu de frais, en attendant les résultats des travaux sur les phosphates plus difficiles.

3/ Adaptation de l'atelier de granulation à l'utilisation du phosphate partiellement attaqué et à la fabrication des complexes PK-NPK.

4/ Amélioration de la cave à superphosphate existante.

5/ Recherche de procédé de fabrication de  $K_2SO_4$ , ex  $KCl$ .

6/ Modification de l'atelier pour la fabrication d'engrais contenant du phosphate partiellement solubilisé obtenu à partir des minerais pauvres.

#### Visite :

Les responsables souhaitent visiter les usines d'engrais en France, à leur frais, ils ont déjà obtenu l'autorisation de leur gouvernement pour ce déplacement. Cette visite nous semble très opportune compte tenu des motivations et des possibilités de coopération.

### IV - CHINA FERTILIZER DEVELOPMENT CENTRE (CFDC)

Ce centre est créé en 1984 par le Ministère des Industries Chimiques pour coordonner les activités de neuf organismes spécialisés, concernant différents domaines des industries des engrais :

- exploitation minière, enrichissement des minerais,
- fabrication des engrais chimiques,
- fabrication des produits de base, catalyses, pétrochimie
- construction de nouvelles usines et restructuration des anciennes.

Les activités du Centre concernent la recherche scientifique, la mise au point et l'adaptation des procédés, la conception des usines, l'étude de faisabilité, de consultation, et la formation.

Il regroupe 10 000 personnes dont 2 000 ingénieurs, répartis dans neuf instituts.

#### 4.1. SHANGHAI Research Institute of Chemical Industry :

Crée en 1956, il s'occupe surtout de la recherche de base sur les engrais azotés, phosphatés, potassiques, les catalyses, la normalisation des engrais, l'incidence sur l'environnement.

#### 4.2. WUJING Chemical Plant :

Il se trouve aussi à SHANGHAI, expérimente des unités pilotes pour les engrais azotés, gazéification, méthanol, catalyses. Il produit aussi 300.000 t/an d'ammoniac.

#### 4.3. Southwest Research Institute of Chemical Industry :

Créé en 1958, à NAXI, SICHUAN, il se spécialise dans



l'industrie du gaz naturel, purification des hydrocarbures, production de gaz synthétique, séparation de l'hydrogène.

#### 4.4. Research Institute of Chemical Machinery :

Créé en 1958 à LANZHOU, Gansu, il s'occupe des équipements, des machines, de l'ingeneering, pour l'industrie des engrais, des problèmes de corrosion, de maintenance, de protection.

#### 4.5. WUHAN Chemical Project Company :

Créé en 1958, se spécialise dans la conception des usines d'ammoniac à partir du charbon, coke, naphtha, gaz naturel, gaz des fours à coke, et des usines d'urée, bicarbonate d'ammonium, nitrate d'ammonium, acide nitrique.

#### 4.6. Design Institute of NANJING Chemical Industry Company :

Créé en 1958 à NANJING, Jiangsu, pour la conception des usines d'acide sulfurique, d'engrais phosphatés et azotés, des catalyses.

#### 4.7. Research Institue of NANJING Chemical Industry Company :

Créé en 1965 à NANJING, Jiangsu, se spécialise dans les catalyses pour l'industrie d'ammoniac, d'acide sulfurique, purification des gaz, engrais composés NP et des microéléments.

#### 4.8. Design and Research Institute for Chemical Mines :

Créé en 1962 à LIAN YUNGANG, Jiangsu, s'occupe des minerais pour l'industrie chimique et des engrais, méthode d'analyses, de normalisation, de traitement des minerais, enrichissement, purification, flottation, protection des mines et de l'environnement.

#### 4.9. Research Institute of Chemical Fertilizer Industry :

Créé en 1972 à LINTONG, Shaanxi, s'occupe surtout de la gazéification du charbon pour produire du gaz de ville et de l'ammoniac.

#### Remarques :

- Pour l'instant le CFDC n'est pas directement concerné par notre démarche mais c'est un passage obligé parce qu'il contrôle les instituts spécialisés, en particulier LIANYUNGANG qui traite les minerais phosphatés pour l'enrichissement dans le cadre d'un grand projet financé par le PNUD.

- L'IFDC (USA) a proposé au CFDC un projet de coopération pour l'attaque partielle, et demande actuellement un financement à l'ONUDI. Il s'agit donc d'un projet concurrent à notre travail. Dans la mesure où nous sommes déjà assez avancés

dans notre démarche (coopération avec ISSAS, visite des mines et des industriels, traitement des échantillons). La proposition de l'IFDC ferait double emploi.

#### V - DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE FOR CHEMICAL MINES :

Cet institut installé à LIANYUNGANG, emploi 1 200 personnes dont 700 chercheurs, dispose de laboratoires spécialisés de caractérisation des minerais, d'analyses chimiques, de broyage, calcination, épuration, flottation, synthèse et fabrication d'agents de flottation.

Il a pour vocation la recherche et la conception des installations dans les domaines d'exploitation minière, d'enrichissement des minerais, d'épuration des eaux... concernant les minerais non métalliques : bore, quartz, soufre, potassium, et surtout les phosphates.

En effet la Chine possède peu de gisements riches (10 %) qui sont d'ailleurs exploités en priorité, et beaucoup de gisements de qualité moyenne ou médiocre (tableaux 3, 4, 5, 6 et figure 3) :

environ 2 %	d'origine éruptive,	teneur 3 à 7 %	en P2O5
18 %	"	métamorphique	" 8 à 14 %
80 %	"	sédimentaire	" 16 à 30 %

Ces derniers présentent donc un grand intérêt mais ils sont anciens, durs et chargés en gangues silicatées (25 % SiO<sub>2</sub>) et carbonatées (4-9 % MgO), ce qui nécessitent des traitements de purification et d'enrichissement en vue de la fabrication de l'acide phosphorique et des engrais à haut titre comme le TSP et le DAP.

La difficulté réside dans le fait que les gangues sont intimement enchevêtrées avec les phosphates ce qui nécessite un broyage fin (74 microns) et une séparation par flottation avec des liqueurs denses.

Cet institut a eu un début de coopération avec SOFREMINE sur le phosphate de KAIYANG, province de GUIZHOU. Les responsables ont visité la France en 1986, Nancy, Rouen, Paris.

Actuellement il bénéficie d'un projet PNUD de 1 million de dollars US, avec l'ONUDI comme agent d'exécution.

Techniquement les résultats sont prometteurs, l'unité pilote traite 4 t/jour pour obtenir 2 T de concentré à 33-34 % de P2O5, 1,9 % de MgO et un recouvrement de 85 %, mais le prix de revient est élevé. Une estimation à une échelle industrielle dans le YUNNAN montre que l'enrichissement du minerai de 27 à 31 % de P2O5 entraîne une augmentation du prix de 50 %.

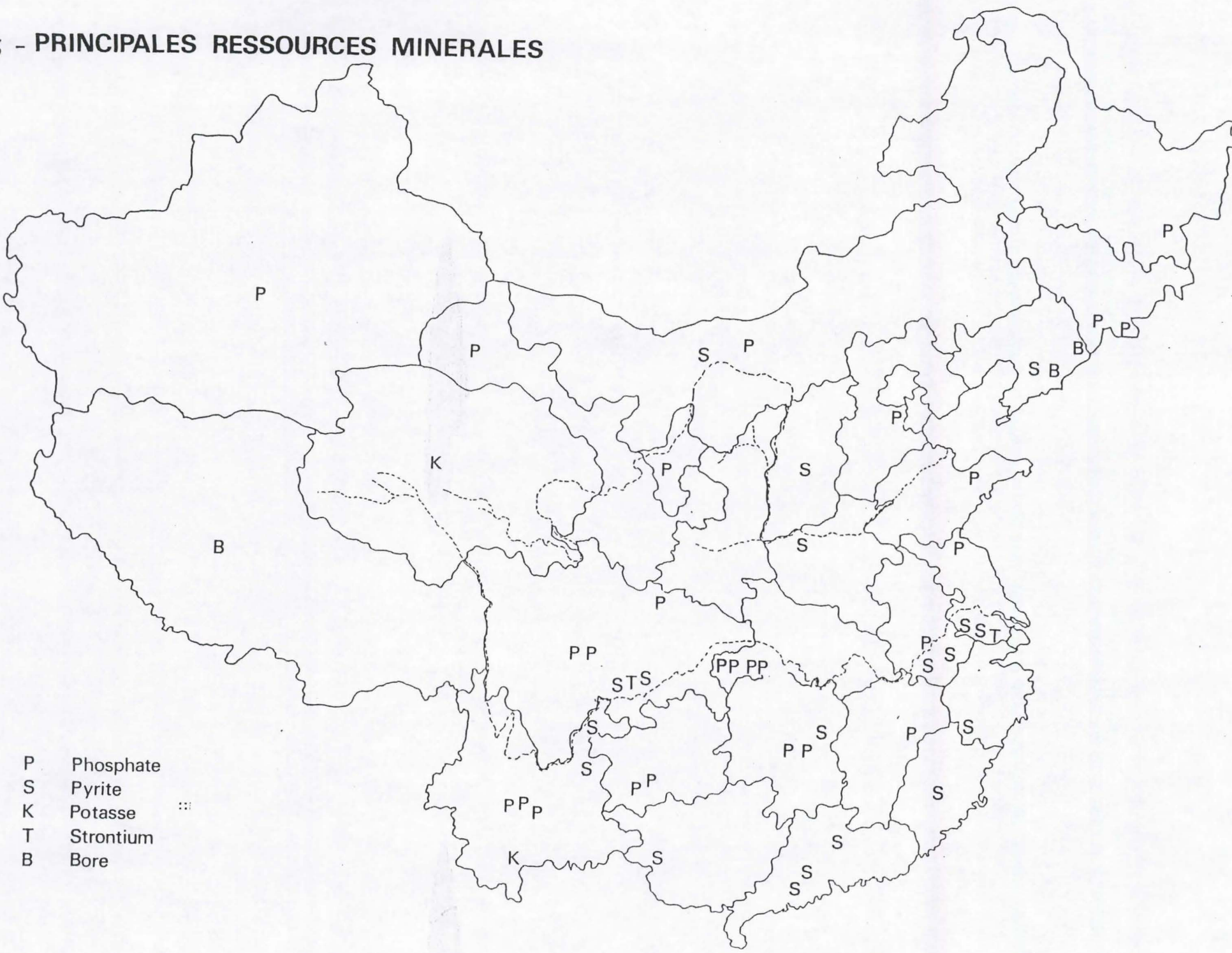
#### Remarques

- Les travaux de l'Institut permettent d'avoir une



FIG.3 - PRINCIPALES RESSOURCES MINERALES

16



- P Phosphate
- S Pyrite
- K Potasse
- T Strontium
- B Bore

Tableau 3 - CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX PHOSPHATES DE CHINE

N°	Province	Type de phosphate	% $P_2O_5$ total	% $P_2O_5$ solubilité citrique	% <u>citrique</u> total
1	ANHUI	Sédimentaire	21,5	4,9	23
7	"	Métamorphique	30,4	3,0	10
38	"	"	25,3	3,1	12
43	GANSU	Sédimentaire	28,9	3,5	12
44	"	"	21,0	0,2	1
30	GUANGDONG	"	34,3	5,3	15
2	GUANGXI	"	14,7	5,6	38
23	"	"	29,0	6,3	22
81	"	Guano	23,3	18,7	80
77	GUIZHOU	Sédimentaire	35,9	6,6	18
28	HEILONGJIANG	Métamorphique	4,9	0,8	17
17	HENAN	Sédimentaire	32,4	5,2	16
56	"	"	31,0	5,2	17
13	HUBEI	Métamorphique	30,4	2,2	7
21	"	Sédimentaire	25,5	3,9	15
26	"	"	19,6	1,6	8
35	"	Métamorphique	26,2	3,0	11
32	HUNAN	Sédimentaire	21,3	1,5	7
79	JIANGSU	Métamorphique	25,1	0,2	1
9	JIANGXI	Sédimentaire	19,0	4,3	22
11	LIAONING	Igné	4,2	1,1	27
15	"	Métamorphique	4,8	0,8	17
75	SHANXI	Sédimentaire	25,5	5,7	22
60	SICHUAN	"	29,0	3,5	12
65	"	"	14,4	0,7	5
78	"	"	32,3	4,2	13
19	YUNNAN	"	26,8	6,3	23
40	"	"	25,5	5,1	20
58	ZHEJIANG	"	23,6	2,2	9



Tableau 4 - CARACTERISTIQUES DES PHOSPHATES DU HUNAN

Eléments totaux	SHIMEN				LIUYANG			
	A	B	C	D	A	B	C	D
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,4	25	22,6	21,7	15,1	37,2	29,5	29,0
CaO	38,9	37,3	39,1	39,9	19,7	51,0	41,0	38,8
MgO	5,5	3,0	6,5	8,3	0,9	0,2	0,2	0,3
K <sub>2</sub> O					2,6	0,5	0,6	1,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8	0,8	1,0	0,6	10,7	1,7	4,4	4,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,2	1,4	1,2	1,0	3,8	2,2	5,8	2,2
SiO <sub>2</sub>	16,0	23,1	14,0	7,2	38,6	2,8	6,7	17,9
CO <sub>2</sub>	13,2	6,5	13,3	16,6	1,2	0,7	3,4	0,4
F	3,9	3,7	3,7	4,4	1,2	3,5	2,9	2,6

Tableau 5 - CARACTERISTIQUES DES PHOSPHATES DU HUBEI

Eléments totaux	WANGJI	DAYUKOU	YICHANG		
			A	B	C
$P_2O_5$	14,7	18,3	18,8	31,8	19,4
CaO	30,2	32,2	43,9	47,1	30,7
MgO	6,4	4,7	7,2	0,9	2,2
$K_2O$			0,1	0,3	1,6
$Na_2O$			0,4	0,6	0,7
$SO_3$			0,2	1,7	3,3
$Al_2O_3$	1,0	1,2	0,6	1,6	5,9
$Fe_2O_3$	2,2	0,8	0,8	1,7	2,7
$SiO_2$	27,0	29,1	2,8	5,6	25,1
$CO_2$	15,3	10,7	22,7	5,1	5,4
F	1,2		1,5	2,6	1,2



Tableau 6 - CARACTERISTIQUES DES PHOSPHATES DU GUIZHOU ET DU JIANGSU

	GUIZHOU WENGFU	GUIZHOU, KAIYANG			JIANGSU JINGPING
		A	B	C	
$P_2O_5$	30,0	37,5	33,7	36,9	8,8
CaO	46,9	51,8	45,9	50,8	30,5
MgO	3,8	0,2	0,4	0,3	10,4
$K_2O$	0,1	0,3	0,6	0,3	
$Na_2O$	0,4				
$Al_2O_3$	0,2	0,8	2,2	1,1	1,9
$Fe_2O_3$	0,8	1,7	2,0	1,4	3,8
$SiO_2$	4,1	1,8	6,6	2,8	17,0
$CO_2$	9,8	1,8	1,6	1,8	23,2
F	2,6	3,6	2,9	3,4	
$SO_3$	0,2				

meilleure connaissance de l'ensemble des gisements de phosphates et de hiérarchiser les difficultés de traitement.

- Ainsi notre intervention pourrait être complémentaire, et porterait soit sur des phosphates particulièrement difficiles à traiter, soit des phosphates légèrement enrichis dont le coût de traitement n'es pas encore exorbitant.

- Dans cet esprit, le choix de SHIMEN serait intéressant. Ce phosphate contient beaucoup de magnésium donc est difficile à traiter, mais pourrait être attaqué directement.

#### VI - INSTITUTE OF SOIL SCIENCE ACADEMIA SINICA (ISSAS) :

L'Institut a décidé d'affecter 5 personnes au projet :

Professeur LU RU KUN	Responsable du projet, à temps partiel
" JIANG BAI FAN	"
Monsieur SHI ZHENG YUAN	"
" ZHANG JIAN CAI	temps plein
Mademoiselle ZHAO XIAO QI	"

Les deux derniers ont le niveau de maîtrise et sont proposés pour faire des stages en France.

L'exécution du programme est prévue de la manière suivante :

- expédition à Saint Malo d'un colis de 2 t environ contenant les phosphates de KUNYANG, JINNING Inférieur et SHIMEN, 600 kg chaque.

- expédition à Montpellier d'un colis de 50 kg contenant 2 sols (10 kg chaque) et 10 phosphates (1 kg chaque),

- caractérisation des phosphates et fabrication des phosphates partiellement solubilisés en France,

- réexpédition en Chine pour essais agronomiques,

- essais en vase à NANJING sur 5 sols et 2 saisons.  
5 traitements : témoin sans P mais N et K  
P soluble (TSP ou SSP)  
P partiellement solubilisés (3 phosphates).

- Essais aux champs dans 4 provinces du Sud et Centre de la Chine, sur 2 types de sols : sols rouges (ferrallitiques) et sols acides de rizières, sur 3 ans.

- Analyses des sols avant et après culture, analyses de plantes pour calculer les exportations.



- Affectation du chercheur français à NANJING en mai 1988, pour 3 ans,
- Séjour de 3 à 6 mois en France pour 2 ou 3 stagiaires chinois,
- Réunion du Comité de Pilotage 1988 en Chine, 1989 en France et 1990 en Chine.

#### VII - SHANDONG CHEMICAL FERTILIZER INDUSTRIAL COMPANY :

La province de SHANDONG est classée première en Chine pour la productivité agricole, elle consomme donc beaucoup d'engrais, surtout phosphatés, pourtant elle n'a pas de gisement de phosphate, elle le fait venir du YUNNAN et du GUIZHOU.

Par contre elle est riche en pétrole et gaz naturel qui alimentent une production de 700.000 t d'urée par an.

La potasse (KCl) est importée d'Allemagne de l'Est, Canada et Jordanie.

L'industrie des engrais phosphatés est composée de petites unités (100 t/j) : 50 usines de supersimple et 12 de phosphate fondu.

Il y a un projet de production 50.000 t/an de DAP avec le phosphate du Hubei et de l'ammoniac local.

Le problème principal actuel concerne la granulation de l'urée + supersimple + KCl.

En effet le produit actuel est de très mauvaise qualité, collant, instable ; et difficile à fabriquer (séchage) :

- le supersimple contient beaucoup d'acide libre :

- 17 % de P2O5 total
- 16 % de P2O5 assimilable
- 5 % de P2O5 libre.

- forte humidité, en particulier l'eau d'hydratation du gypse qui se recombine avec l'urée.

La solution consisterait à neutraliser l'acide libre avec du phosphate brut, de l'ammoniac ou du bicarbonate, à ramener l'humidité à 1 ou 2 % et à compacter.

Un projet de coopération a été conclu (voir protocole en annexe) qui prévoit une mise au point en France à partir des matières premières locales : phosphate naturel brut  
supersimple  
phosphate fondu  
bicarbonate d'ammonium.

## VIII - CONTACTS A BEIJING :

### 8.1. Ambassade de France, Service Scientifique :

Nous avons fait un compte rendu à Messieurs VARET et de HARTINGH, des visites et discussions de l'ensemble de la mission.

### 8.2. ONUDI :

Nous avons rencontré Monsieur STEPHENS qui s'est montré très intéressé par notre démarche, il pense que l'ONUDI pourrait financer l'unité pilote à condition qu'un organisme chinois le demande, que ce soit la recherche ou l'industrie.

## IX - INSTITUTE OF SOIL SCIENCE OF GUANGDONG PROVINCE :

La province dispose de quantités importantes de matières organiques provenant des industries agro-alimentaires (sucreries) ou des élevages de bovins, porcins, volailles... qu'il est difficile à utiliser directement (volumineux) et à transporter (forte teneur en eau). Les responsables locaux souhaitent les transformer en engrais organo-minéral à teneur élevée en éléments fertilisants avec une présentation acceptable (granulés).

Des solutions existent mais il faut au préalable recenser la disponibilité dans l'espace et dans le temps de ces matières premières, les analyses chimiques, les prix... en même temps que les ressources en minéraux utilisables en agriculture P, K, Ca, Mg, S.

Il s'agit en effet de trouver les meilleures combinaisons localement pour éviter les transports coûteux.

Ensuite les études de mise au point porteront sur :

- traitement de résidus agricoles pour les rendre utilisables en fabrication d'engrais,
- fabrication d'amendements organiques,
- fabrication d'engrais à base de phosphate partiellement solubilisé,
- fabrication d'engrais organo-minéraux,
- étude d'emploi d'un minerai local contenant du potassium.

## X - CONCLUSION :

La Chine a un besoin considérable d'engrais phosphatés et essaie de mieux valoriser ses propres ressources.



Cependant la majorité de ses minerais sont de qualité très moyenne, ce qui nécessite des traitements coûteux de purification et d'enrichissement pour la fabrication d'acide phosphorique et des engrais à haut titre, type TSP, DAP.

Dans ce contexte il semble possible de proposer une voie alternative, qui consiste à attaquer directement les phosphates par des procédés originaux à mettre au point, pour fabriquer des engrais à titre intermédiaire (25 - 30 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), efficaces et économiques.

Le programme de coopération avec l'ISSAS qui est lancé, prévoit des phases de caractérisation des minerais, de mise au point de procédés de solubilisation partielle et d'expérimentation agronomique.

Des partenaires industriels ont été contactés, le plus motivé et intéressé par notre approche serait le YUNNAN Phosphate Fertilizer Factory. Il serait important de pouvoir les inviter prochainement pour visiter les usines d'engrais en France.

Parrallèlement des projets plus ponctuels d'amélioration de la fabrication des engrais ont été élaborés au YUNNAN, SHANDONG et GUANGDONG.

## ANNEXES



## PERSONNES RENCONTREES

### 1 - PROVINCE DU YUNNAN

Commission Provinciale pour la Science et la Technologie :

MM. LIU ZHI BIN : Vice Directeur  
LI CUN SHENG : Service Industriel  
WU XIAO QING : " "  
MA YU JING : Service Industrie Chimique

Insitut de Recherche de l'Industrie Chimique :

MM. LIU CHING : Directeur  
HU MING NAN : Vice-Directeur  
WEI TING RUI : Directeur Développement Technologique  
YUAN JI TANG : Utilisation engrais

Bureau des Mines de Phosphates de KUNYANG :

MM. LI ZHONG TANG : Directeur  
CHANG ZHEN QIU : Ingénieur en Chef  
ZHOU ZONG YUAN : " "  
ZHU WAN JIN : Département Science et Technologie

Compagnie des Engrais Phosphatés du YUNNAN :

M. LI XING FU : Directeur

Compagnie des Engrais Phosphatés de KUNYANG :

M. LIU XIU MING : Ingénieur en Chef

### 2 - CHINA FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER (SHANGHAI)

M. WANG CHENG JI : Directeur Adjoint

### 3 - DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE FOR CHEMICAL MINES (LIANYUNGANG)

MM. HUANG DA YU : Directeur  
DENG YU GUI : Ingénieur en Chef Adjoint  
ZHU SHOU LIAN : Ingénieur  
ZHU YU ZONG : "  
XU BING QING : Interprète.

4 - SHANDONG CHEMICAL FERTILIZER INDUSTRIAL COMPANY (JINAN)

MM. LI GUANG HUI : Directeur  
FU ZONG YANG : Directeur Adjoint  
WU ZHONG SHU : Directeur Adjoint de la commission  
Provinciale des Relations Economiques et Commerciale  
GONG RUN ZHANG : Chef de Service de la Commission  
Provinciale  
MAO XIAO FENG : " " "

5 - Institute of Soil Science Academia Sinica (NANJING)

MM. LI CHING KWEI : Président de la Société de Science  
du sol de Chine, Directeur Honoraire de l'Institut  
SHI HUA : Directeur Adjoint de l'Institut  
MA YI JIE : " " "  
SUN DIOU TING : Directeur du Département Chimie des  
sols et nutrition des plantes.  
LU RU KUN : Directeur de la Division Agrochimie  
JIANG BAI FAN : Directeur Adjoint de la Division  
Agrochimie  
SHI ZHENG YUAN : Assistant du Professeur LU  
ZHAO XIAO QI : Chercheur  
ZHANG JIAN CAI : "

6 - INSTITUTE OF SOIL SCIENCE OF GUANGDONG PROVINCE (GUANGZHOU)

MM. ZOU GUO CHU : Directeur de l'Institut  
XU XIAO BIN : Assistant du Professeur ZOU  
CHENG RU BAO : Chercheur

7 - CONTACTS A BEIJING

MM. Jacques VARET : Conseiller Scientifique, Ambassade  
de France  
François de HARTINGH : Service Scientifique  
Kenneth STEPHENS : Représentation de l'ONUDI en  
Chine.



## BIBLIOGRAPHIE

- JIANG BAI FAN, LU RU KUN, LI CHIANG KWEI - Effect of the mineralogical characteristics on the availability of phosphorus in rock phosphate.  
3e Congrès Intern. Composés Phosphorés, Bruxelles, Belgique  
4-6 octobre 1983.
- JIANG BAI FAN, LU RU KUN, LI CHIANG KWEI - Conditions d'emploi de phosphates naturels en agriculture.  
Fertilizer Industry n° 2 : 22-27, 1983, (en chinois)
- LI CHIANG KWEI - Bases théoriques de l'efficacité des phosphates naturels.  
Bull. Scient. n° 2, 49-57, janvier 1966 (en chinois).
- TRUONG Binh, FAYARD Christian - Proposition d'une filière d'engrais au Burkina Faso à base de phosphate naturel de Kodjari, partiellement solubilisé.  
Rapport IRAT-CIRAD, 90 p., sept. 1987.
- ZHANG KAI YAN - The development of phosphate and phosphate fertilizer industry in China.  
Conf. ONUDI sur "Développement de l'Industrie des Phosphates et des Engrais Phosphatés", Gafsa, Tunisie, 18-22 nov. 1985.



Centre de Coopération Internationale  
en Recherche Agronomique pour le Développement

Centre de Recherches  
de Montpellier

Mission Connaissance  
et Amélioration du Milieu

PROTOCOLE D'INTENTION

ENTRE : La Compagnie industrielle d'engrais chimiques de la Province de SHANDONG de la République Populaire de CHINE dénommée "CIECS"

d'une part

et la Délégation française composée de Monsieur C. FAYARD, Directeur Technique de la Société TIMAC et de Monsieur TRUONG Binh du CIRAD dénommée DFFT d'autre part :

Les deux parties se sont rencontrées à JINAN du 25 au 28 Octobre 1987 et ont discuté de façon amicale et constructive sur la coopération technique permettant la fabrication d'engrais NPK granulés dans la province du SHANDONG.

1° - La CIECS souhaite utiliser les matières premières existantes actuellement sur place (Superphosphate simple, urée, chlorure de potassium) pour la fabrication des engrais granulés et ceci en utilisant la technologie et les équipements spécifiques qui seront définis par DFFT. L'objectif étant de produire un engrais NPK granulé de formule 10-10-5 à un débit de 50 à 100 tonnes par jour.

2° - Les deux parties souhaitent échanger des informations techniques dans le domaine de la fabrication d'engrais chimiques, et des équipements correspondants.

3° - CIECS souhaite la venue dans la province de SHANDONG de spécialistes français pour assurer la formation de techniciens chinois dans les techniques de granulation.

Elle souhaite aussi que des techniciens chinois viennent en France dans les installations existantes pour visite et formation en exploitation, Et ceci pour des périodes à convenir entre les parties.

4° - Pour déterminer la faisabilité du produit réclamé par la CIECS, celle-ci enverra en France un échantillon de 200 kg de Super Simple du même type que celui qui sera utilisé dans l'atelier de fabrication futur.

La DFFT en retour enverra à CIECS après les essais de mise au point, les résultats de ces essais, ainsi qu'un échantillon représentatif du produit fabriqué en station pilote en France.

Fait à JINAN le 27 Octobre 1987

POUR LA DELEGATION FRANCAISE (DFFT)

POUR LA COMPAGNIE INDUSTRIELLE  
D'ENGRAIS CHIMIQUES DU SHANDONG  
(CIECS)

C. FAYARD      TRUONG Binh

LI GUANG HUI